

Aus der Frauenklinik und Poliklinik
des Klinikums Charlottenburg
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. Günther Kindermann

**AUSSAGEKRAFT UND WERTIGKEIT DES
ABDOMINAL ABGELEITETEN FETALEN
ELEKTROKARDIOGRAMMS ZUR ERKENNUNG DER
PLAZENTADYSFUNKTION AM GEBURTSTERMIN**

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde an
den Medizinischen Fachbereichen der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Andreas Kohlrausch
aus Berlin

Berlin 1984

Aus der Frauenklinik und Poliklinik
des Klinikums Charlottenburg
der Freien Universität Berlin

Direktor: Prof. Dr. Günther Kindermann

AUSSAGEKRAFT UND WERTIGKEIT DES ABDOMINAL
ABGELEITETEN FETALEN ELEKTROKARDIOGRAMMS ZUR
ERKENNUNG DER PLAZENTADYSFUNKTION AM GEBURTSTERMIN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde an
den Medizinischen Fachbereichen der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Andreas Kohlrausch
aus Berlin

Berlin 1984

Referent: Prof. Dr. Wolfgang Busch

Koreferent: Prof. Dr. Erich Saling

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen
Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 1.11.1984

Meinen Eltern

Herrn Prof. Dr. Busch danke ich für die Überlassung des Themas, für seine fachliche Unterstützung, aber auch für seine persönliche Gesprächsbereitschaft zu jeder Zeit.

Herrn Dr. Schaller danke ich für Hinweise und Anregungen bei der Durchführung der Arbeit.

Herrn Dipl. Phys. J. Pachaly danke ich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung des Materials.

Thema: Aussagekraft und Wertigkeit des abdominal
abgeleiteten fetalen Elektrokardiogramms zur
Erkennung der Plazentadysfunktion am Geburtstermin

Inhalt:	Seite:
i. Zielsetzung dieser Arbeit	6
1. Geschichtlicher Überblick	7
2. Die Bestimmung des kindlichen Reifegrades	10
3. Anwendungsbereiche des fetalen EKG	12
3.1 Elektrokardiographischer Nachweis fetalen Lebens	12
3.2 Feststellung der Mehrlingsschwangerschaft	12
3.3 Bestimmung der intrauterinen Kindslage	13
3.4 Nachweis fetaler Herzfrequenz- und Herzrhythmusanomalien	13
4. Ableitungstechnik	13
5. Material und Methode	14
5.1 Auswertung der fetalen EKGs	14
5.2 Gerät	15
5.3 Kindlicher Reifezustand	15
5.4 Mütterliche Parameter	16
5.5 Kindliche Parameter	17
6. Statistik	18
7. Ergebnisse	19
8. Diskussion	37
9. Zusammenfassung der Ergebnisse	46
10. Literaturverzeichnis	47

i. Zielsetzung dieser Arbeit

Am errechneten Geburtstermin nimmt die Gefahr zu, daß eine latente Plazentainsuffizienz manifest wird. Diese subakute bis subchronische Plazentadysfunktion kann zum Bild der "fetalen klinischen Übertragung" führen. Die perinatale Morbidität und Mortalität derartiger Kinder ist erhöht (25).

Der klinische Befund, die Ultrasonographie, die regelmäßige Bestimmung von Östriol und HPL, die Amnioskopie sowie die antepartale Kardiotokographie können derartige "klinische Übertragungen" erkennen lassen.

In der Universitätsfrauenklinik Berlin - Charlottenburg wird seit 1965 zur Überwachung der fetalen Situation am errechneten Geburtstermin auch das fetale abdominale EKG eingesetzt. Zur Erkennung der fetalen Übertragung hat sich dieses einfache diagnostische Verfahren bewährt. Dennoch sind immer wieder Fehleinschätzungen des fetalen Reifezustandes beobachtet worden.

Aus diesem Grunde sollte die Aussagekraft des abdominal abgeleiteten fetalen EKGs hinsichtlich der Erkennung von fetalen Übertragungen noch einmal analysiert werden. Dies geschah anhand von 1005 Patientinnen aus den Jahren 1979 bis 1982.

Darüberhinaus sollte die spezielle Situation bei fetalen Mangelentwicklungen untersucht werden. Gelten für mangelentwickelte Feten die gleichen Normgrenzen von fetalen R-Zacken-Ausschlägen im EKG wie bei eutrophen Feten? Oder muß bei fetalen Mangelentwicklungen schon bei geringeren Amplituden der R-Zacken mit einer klinischen Übertragung und damit der Gefahr einer Plazentadysfunktion gerechnet werden?

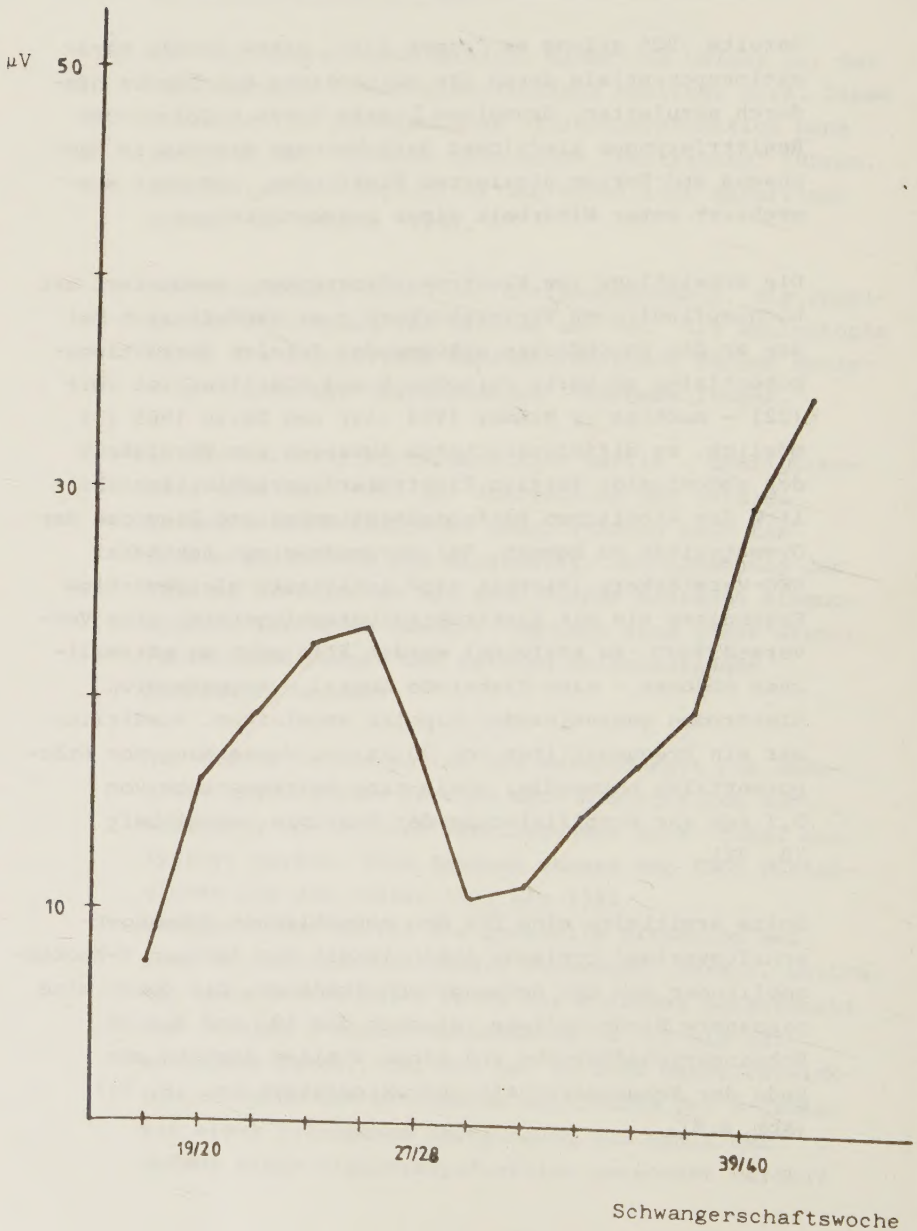
1. Geschichtlicher Überblick

Bereits 1906 gelang es Cremer (13), erste fetale Herzaktionspotentiale durch die mütterliche Bauchdecke hindurch abzuleiten. Grundlage hierzu waren erfolgreiche Registrierungen kindlicher Herzaktionen mittels im Ösophagus und Rektum platzierter Elektroden, zunächst ausprobiert unter Mitarbeit eines Degenschluckers.

Die Entwicklung von Elektrokardiographen, kombiniert mit hochempfindlichen Vorverstärkern - es handelt sich bei den an den Bauchdecken ankommenden fetalen Herzaktionspotentialen um Werte zwischen 5 und 80millionstel Volt (22) - machten es Wimmer 1953 (33) und Bolte 1965 (7) möglich, zu differenzierteren Aussagen zur Wertigkeit der abdominalen fetalen Elektrokardiographie hinsichtlich der kindlichen Reifegradbestimmung und Diagnose der Dysmaturität zu kommen. Bei Verwendung von Achtkanal EEG-Verstärkern (hiermit sind qualitativ gleichwertige Ergebnisse wie mit Elektrokardiographiegeräten plus Vorverstärkern zu erzielen) wurden alle acht am mütterlichen Abdomen - eine Elektrode dorsal - angebrachten Elektroden gegeneinander bipolar abgeleitet. Zusätzlich war ein Frequenzfilter von 70 Hz zur Vermeidung von Störpotentialen notwendig, sowie eine Zeitkonstante von 0,1 sec zur Stabilisierung der Nulllinie vorteilhaft (8, 22).

Bolte ermittelte eine für den menschlichen Schwangerschaftsverlauf typische Abhängigkeit der fetalen R-Zackenamplituden von der Schwangerschaftsdauer, die durch eine passagere Niedervoltage zwischen der 29. und der 36. Schwangerschaftswoche und einem steilen Anstieg zum Ende der Schwangerschaft charakterisiert ist (8, 11) (Abb. S.8).

Abhängigkeit der fetalen R - Zackenamplitude
von der Tragzeit (nach Bolte)



Dies charakteristische Verhalten der Amplituden der fetalen Herzaktionspotentiale ist bedingt durch extrakardiale fetale Faktoren und läßt Rückschlüsse auf den Reifegrad des Feten zu. Wesentlichster Faktor ist, wie Wimmer (33, 34) und Bolte (7, 8) beschreiben, die in der 27. bis 28. Schwangerschaftswoche beginnende, im Verlauf der 29. bis 32. Woche ein Maximum erreichende kindliche Talgdrüsensekretion. Die hierbei gebildete Vernix caseosa-Schicht besitzt einen ausgeprägten Isoliereffekt, wodurch die in Wirklichkeit zunehmende Größe der fetalen Herzaktionspotentiale nicht nachzuweisen ist (7, 8).

Bolte (4) bestätigte den Isolierungseffekt der menschlichen Vernix caseosa mit Kontrollableitungen am Kaninchenfetus: Bei der intrauterinen Entwicklung des Kaninchenfetus wird keine Vernix caseosa gebildet. In Boltes Untersuchungen wurden Kupferdrahtelektroden in die Rückenhaut des Kaninchenfetus implantiert und so die Herzaktionspotentiale abgeleitet. Es wurde eine lineare Zunahme der QRS-Komplexamplituden vom 9. bis 25. Tag und ein steiler Anstieg der Potentiale im weiteren Verlauf der Schwangerschaft beobachtet. Der Amplitudenanstieg im Verlauf der Tragzeit wird als Folge des morphologischen Wachstums angesehen, von Bedeutung ist, nach Bolte, nicht nur das Längenwachstum des Herzens, sondern auch die Diczunahme des Myokards, als Parameter hierfür wird die Gewichtszunahme genannt.

Die Isoliereffekte der Vernix caseosa werden von Wimmer (34) anhand von Leitfähigkeitsmessungen physiologischer Medien belegt:

Vernix caseosa: $1,2 \times 10^{-8} \text{ Ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$

Fruchtwasser: $86 \times 10^{-4} \text{ Ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$

Muskulatur:	$6-9 \times 10^{-3} \text{ Ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$
Blutplasma:	$161 \times 10^{-4} \text{ Ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$
Physiol. NaCl Lsg.:	$195 \times 10^{-4} \text{ Ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$

Die extrem niedrige spezifische Leitfähigkeit der Vernix caseosa liegt, nach Wimmer, größenordnungsmäßig schon beinahe im Bereich der Werte für technische Isolatoren (34).

2. Die Bestimmung des kindlichen Reifegrades

Hauptanwendungsgebiet der abdominal abgeleiteten fetalen Elektrokardiographie ist heute die Bestimmung des kindlichen Reifegrades.

In Anlehnung an die auf S. 8 abgebildete Kurve ergaben sich hinsichtlich der R-Zackenamplituden folgende Mittelwerte (8):

Am Anfang des 5. Monats abgeleitete Amplituden erreichen $8\mu\text{V}$, in der ersten Hälfte des 7. Monats $25\mu\text{V}$, bis zur 29/30. Woche erfolgt ein Absinken auf Minimalwerte ($11\mu\text{V}$). Zum Zeitpunkt unmittelbar vor der Geburt steigen die Werte bis auf $39\mu\text{V}$ an. Die Streuung wird, bezogen auf die gleiche Gravidität, mit $5 - 10\mu\text{V}$ angegeben.

In einer anderen Arbeit von Bolte u.a. (10) wird ein statistisch gesicherter R-Amplitudenmittelwert von $21,63 \pm 0,75\mu\text{V}$ zum Ende der Tragzeit ermittelt.

Staffeldt und Mitarb. (32) untersuchten 187 reif - eutrophe Neugeborene und verglichen den postpartalen Zustand mit der Höhe der R-Zackenamplituden der zuvor abgeleiteten fetalen EKGs: Die Höhe der R-Zackenamplitude zeigt folgende Verteilung:

Unter $20\mu\text{V}$ fanden sich keine Kinder mit Übertragungszeichen, bei fetalen R-Zacken von $21 - 40\mu\text{V}$ zeigten 24% Plazentadysfunktionszeichen, bei Potentialen von $41 - 60\mu\text{V}$ stieg der Anteil der übertragenen Neugeborenen auf 35% an. Der höchste Anteil an Kindern mit Übertragungszeichen sei bei Amplituden über $60\mu\text{V}$ zu verzeichnen gewesen, nämlich 48%. Auch war bei Potentialen "über $60\mu\text{V}$ eine signifikante Häufung an grünem Fruchtwasser nachweisbar" (32).

Schlußfolgerung: R-Zackenamplitudenwerte unter $20\mu\text{V}$ lassen eine Gefährdung des Feten hinsichtlich einer Plazentadysfunktion unwahrscheinlich erscheinen. Potentiale zwischen 20 und $40\mu\text{V}$ sprechen nicht für eine fetale Not-situation, eine placentare Mangelversorgung kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Eine Indikation zur Geburtseinleitung sind, nach Staffeldt, Potentiale von 40 bis $60\mu\text{V}$. (Geburtseinleitung wird empfohlen). Bei R-Zackenamplituden von über $60\mu\text{V}$ ist die baldige Geburtseinleitung obligatorisch.

Hopp und Mitarbeiter kamen zu vergleichbaren Ergebnissen (18).

Bolte (7) konnte nachweisen, daß R-Zackenamplitudenmittelwerte von Kindern, die nach der Geburt Zeichen der placentaren Dysfunktion aufweisen, in den letzten sechs Wochen vor der Geburt um $8 - 15\mu\text{V}$ höher liegen als bei Kindern ohne Zeichen der Plazentadysfunktion. Das Ausmaß der durch die Plazentadysfunktion hervorgerufenen Veränderungen am Kind habe keinen statistisch signifikanten Einfluß auf die Amplituden der pränatal registrierten fetalen Herzaktionspotentiale.

Hiervon abweichende Ergebnisse finden sich in einer Arbeit von Bergman und Hall (2). Die Autoren beobachteten

ein Absinken der R-Zackenamplituden jenseits des errechneten Geburtstermins und begründen dies mit einer möglichen Änderung der Leitfähigkeit der das fetale Herz umgebenden Medien nach dem errechneten Geburtstermin.

Ein Vergleich dieser Arbeit mit den Resultaten der oben aufgeführten Autoren läßt die hier dargestellten Ergebnisse jedoch wenig plausibel erscheinen.

3. Anwendungsbereiche des fetalen EKG

Weitere Anwendungsmöglichkeiten des abdominal abgeleiteten fetalen Elektrokardiogramms sind von verschiedenen Autoren in verhältnismäßig einheitlicher Form untersucht und beschrieben worden (5, 8, 10, 17, 22, 23, 33, 34):

3.1 Der elektrokardiographische Nachweis fetalen Lebens.

Bolte (5, 8) beschreibt die abdominale fetale Elektrokardiographie als eine sichere und objektive Methode zum Nachweis fetalen Lebens. Als Grenzbereich wird der 5. Schwangerschaftsmonat angegeben, vor dem mehr Fehldiagnosen als richtige Aussagen angegeben werden.

Im letzten Monat vor der Geburt ist die Fehlerquote geringer als 1% (8).

3.2 Die Feststellung einer Mehrlingsschwangerschaft.

Es finden sich zwei oder mehrere verschiedene Fetalzackenrhythmen (8).

3.3 Die Bestimmung der intrauterinen Kindslage

Man erkennt den Situs der Frucht aus der Richtung ihres elektrischen Hauptvektors. (Schädellage: Nach unten gerichteter Hauptvektor. Beckenendlage: Nach oben gerichteter Hauptvektor) (8).

3.4 Nachweis fetaler Herzfrequenz- und Herzrhythmusanomalien.

Fetale paroxysmale Tachykardien sowie Bradykardie als Folge eines AV-Blocks konnten beobachtet werden. Stärkerer Frequenzwechsel wurde häufig zusammen mit einer Plazentadysfunktion beobachtet (8). Arrhythmien konnten außerdem bei Herzvitien diagnostiziert werden (8).

4. Ableitungstechnik

Nach Bolte (8, 10) hat sich die abdomino-dorsale Ableitung am besten für routinemäßige Anwendungen bewährt.

Es werden mit Alkohol entfettete, mit Elektrodenpaste bestrichene Saugelektroden verwendet. Vier Elektroden werden rautenförmig am Abdomen der schwangeren Frau befestigt. Eine Elektrode sollte unmittelbar oberhalb der Schamhaargrenze, die zweite über dem Fundus uteri, sowie zwei Elektroden an den lateralen Uteruskonturen befestigt werden. Bolte empfiehlt die Befestigung einer weiteren Elektrode dorsal über der Michaelis'schen Raute und einer sechsten Elektrode am Oberschenkel zur Erdung. Alle Elektroden werden bipolar gegeneinander abgeleitet, es resultieren acht verschiedene Standardableitungen.

Die Ableitungsdauer sollte zwei bis drei Minuten betragen. Störpotentiale sollten weitgehend eliminiert werden.

Die Amplituden des kindlichen Elektrokardiogramms bestehen im allgemeinen nur aus dem Kammerkomplex, p und T Wellen werden selten miterfaßt, da die fetalen Herzaktionspotentiale durch die zwischen Elektroden und fetalem Herzen liegenden Medien kurzgeschlossen werden. Falls sie dennoch zur Darstellung kommen, sind sie so klein, daß sie von Störpotentialen nicht unterschieden werden können (23).

5. Material und Methode

Hinsichtlich der Frage nach der Aussagekraft des fetalen Elektrokardiogramms erfolgte ein Vergleich der vorgeburtlich abgeleiteten fetalen R-Zackenamplituden mit dem postpartalen Reifebefund des Neugeborenen. Die Untersuchung umfaßt die Auswertung von 1005 Patientinnen, den Befunden und den dazugehörigen fetalen EKGs. Insgesamt wurden 2008 fetale EKGs abgeleitet. Sämtliche Daten stammen von Patientinnen der Universitätsfrauenklinik Charlottenburg der Jahre 1979 bis 1982.

5.1. Auswertung der fetalen EKGs.

Es wurden alle vor der Geburt abgeleiteten fetalen EKGs bezüglich der R-Zackenamplitude mit einem Zirkel ausgemessen. Der Ableitungszeitpunkt lag etwa bei vierzehn Tagen bis wenige Stunden vor der Geburt. Die Ausmessung erfolgte im Vergleich zu einer 50 Mikrovolt betragenden

Eichzacke. Ausgemessen wurden die größten in einer Ableitung registrierten Zacken.

5.2 Gerät

Für die Ableitung des fetalen EKGs wurde ein "Varioscrypt" EKG Gerät der Firma Schwarzer benutzt. Dieses Gerät besitzt EEG-Empfindlichkeit ($50\mu\text{V/cm}$), eine Schreibbreite von 28mm und eine Frequenzblende von 150Hz.

5.3 Kindlicher Reifezustand

Der postpartale Reifezustand wurde einem von der entbindenden Hebamme ausgefüllten Schema entnommen. Dieses Schema gibt Auskunft über Vernixmenge, Vorhandensein von Hautschilfern sowie Vorhandensein von Waschfrauenhänden verschiedenen Ausprägungsgrades.

Nach diesem Schema wurden die Neugeborenen in drei Zustandsgruppen unterteilt:

5.3.1 Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion (keine Übertragungszeichen).

Hierunter wurden Kinder mit reichlichem Vorhandensein von Vernix, fehlenden Waschfrauenhänden und ohne Hautschilfern zusammengefaßt.

5.3.2 Kinder mit ausgeprägten Zeichen der Plazentadysfunktion (ausgeprägte Übertragungszeichen)

- a. fehlende Vernix, ausgeprägte Waschfrauenhände, starkes Hautschilfern, außerdem auch folgende Zustandsbilder:
- b. fehlende Vernix, ausgeprägte Waschfrauenhände und mäßiges Hautschilfern
- c. fehlende Vernix, mäßige Waschfrauenhände, starkes Hautschilfern

- d. fehlende Vernix, mäßige Waschfrauenhände, mäßiges Hautschilfern
- e. fehlende Vernix, keine Waschfrauenhände, starkes Hautschilfern
- f. wenig Vernix, ausgeprägte Waschfrauenhände, starkes Hautschilfern
- g. wenig Vernix, starke Waschfrauenhände, mäßiges Hautschilfern
- h. wenig Vernix, mäßige Waschfrauenhände, starkes Hautschilfern
- i. reichlich Vernix, ausgeprägte Waschfrauenhände, starkes Hautschilfern; wobei diese Kombination extrem selten auftrat und bezüglich der Vernixmenge auf einer Fehleinschätzung beruhen dürfte.

5.3.3 Kinder mit Zeichen der beginnenden Plazentadysfunktion (geringe Übertragungszeichen)

alle übrigen Kombinationen

5.4 Mütterliche Parameter

5.4.1 Tragzeit

Die Tragzeitbestimmung erfolgte rechnerisch. Bei fehlender oder nicht zuverlässig angegebener Regelanamnese galten die Kriterien der Ultraschalluntersuchungen.

5.4.2 Ödeme

Anhand von Verlaufskontrollen während der Schwangerenberatung wurden Angaben hinsichtlich fehlender, mäßiger oder starker Ödembildung gesammelt.

5.4.3 Gewichtszunahme

Gewicht vor der Schwangerschaft und zum Zeitpunkt der Geburt wurden verglichen, die Differenz als Gewichtszunahme vermerkt.

5.4.4 Plazentalokalisation

Die Unterscheidung von Vorderwand- und Hinterwandplazenta wurde den Sonographiebefunden entnommen.

5.5 Kindliche Parameter

5.5.1 Fruchtwassermenge

Die Frage nach wenig, normalem oder übermäßig vielem Fruchtwasser zum Ableitungszeitpunkt konnte ebenfalls den sonographischen Befunden, allerdings nur schätzungsweise, entnommen werden.

5.5.2 Fruchtwasserqualität

Die Bestimmung der Fruchtwasserfarbe erfolgte während der Geburt, sie wurde dem von der Hebamme erstellten Befund zum postpartalen kindlichen Zustand entnommen.

5.5.3 Kindslage

Die Kindslage wurde aus den letzten, vor der Geburt durchgeführten Ultraschalluntersuchungen ermittelt.

5.5.4 Kindliches Gewicht

Das von der Hebamme ermittelte Kindsgewicht wurde aus dem Hebammenbefund entnommen.

5.5.5 Gewichtspersentil

Mit Hilfe einer Perzentiltabelle des kindlichen

Körpergewichts zum Zeitpunkt der Geburt (Nickl) (Tragzeit im Verhältnis zum Geburtsgewicht) wurde ermittelt, welches Kind unter dem 3. und unter dem 10. Perzentil liegt. Kinder unter dem 10. Perzentil wurden definitionsgemäß als Mangelentwicklung bewertet.

Definitionsgemäß bedeutet "unter dem 10. Gewichtsperzentil liegend" dasjenige Gewicht, welches innerhalb einer untersuchten Population nur in 10% der Fälle unterschritten oder erreicht wird (15).

5.5.6 APGAR

Niedrige APGAR-Werte wurden dem Hebammenbefund entnommen und ebenfalls den R-Zackenamplituden zugeordnet.

6. Statistik

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS-Manual, Version 8.3 1982. (Statistical Package for the Social Sciences) (31). Alle Daten wurden in einen Großrechner der Firma Hewlet and Packard eingegeben.

Die Häufigkeitsuntersuchungen wurden auf ihre statistische Signifikanz mit Hilfe des Chiquadrat-Vierfeldertests geprüft. Unterschritt die Irrtumswahrscheinlichkeit fünf Prozent, so wurde Signifikanz angenommen.

Der Vergleich absoluter Werte (R-Zacken-Höhe) wurde mit Hilfe des U-Tests von Mann und Whitney auf statistische Signifikanz geprüft.

Anzahl der Patientinnen

Vorstehend aufgeführte Parameter wurden bei insgesamt 1005 Patientinnen bzw. Neugeborenen erhoben.

Verteilung der Geburtstermine

158 Kinder wurden mehr als zehn Tage vor dem errechneten bzw. sonographisch bestimmten Termin geboren, (15,7%).
596 Kinder (59,3%) kamen zum Zeitpunkt des Termins (± 10 Tage) zur Welt. 251 Kinder (25,0%) kamen mehr als zehn Tage nach dem Termin zur Welt.

Anzahl der FEKG-Registrierungen

Insgesamt wurden 2008 fetale EKGs ausgewertet.

Anzahl eutropher Neugeborener

886 Kinder des untersuchten Kollektivs konnten der Gruppe der eutroph geborenen, also über dem 10. Gewichtsperzentil liegenden Kinder zugeordnet werden.

Anzahl hypotropher Neugeborener

119 Kinder waren mangelentwickelt (unter dem 10. Gewichtsperzentil liegend).

7. Ergebnisse

7.1 Zustand des Neugeborenen in Korrelation zu den im abdominal abgeleiteten fetalen EKG gemessenen R-Zackenamplituden

Es erfolgte eine Unterteilung in vier verschiedene Spannungsgruppen, nämlich Messungen zwischen 0 und 15 μ V, 16 und 30 μ V, 31 und 45 μ V sowie mehr als 45 μ V.

1. Gruppe (0 - 15 μ V)

In 47% aller Fälle betrugen die abgeleiteten fetalen Spannungen weniger als 15 μ V.

Dieser Gruppe ließen sich tatsächlich nur 28% Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion zuordnen. 42,6% hatten geringe Plazentadysfunktionszeichen, 29,4% stark ausgeprägte Zeichen der Plazentadysfunktion.

2. Gruppe (16 - 30 μ V)

33,4% der Fälle ergaben registrierte Spannungen von 16 - 30 μ V.

Hierunter zeigten sich 15,5% Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion, 47,6% mit beginnenden Zeichen der Plazentadysfunktion, und 36,8% mit stark ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen.

3. Gruppe (31 - 45 μ V)

Die Gruppe war mit 13,8% vertreten.

Es wurden hier nur noch 9,8% Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion geboren. 38,9% hatten beginnende, 51,3% starke Plazentadysfunktionszeichen.

4. Gruppe (mehr als 45 μ V)

Mehr als 45 μ V wurden bei 5,3% aller Frauen abgeleitet. Hier wurden 6,7% Kinder ohne, 28,0% mit beginnenden und 65,3% Kinder mit starken Zeichen der Plazentadysfunktion gesehen.

Hinsichtlich einer fraglich übertragenen Schwangerschaft kann demzufolge davon ausgegangen werden, daß bei einer registrierten Spannung von mehr als 45 μ V mit einem Prozentsatz von 65% Kindern gerechnet werden muß, die stark ausgeprägte Plazentadysfunktionszeichen aufweisen. Die Methode der abdominal abgeleiteten

fetalen EKG-Registrierungen versagte in 6,7% bzw. in 28% der Fälle, da hier trotz Spannungsmessung von mehr als $45\mu\text{V}$ Kinder ohne bzw. mit gerade beginnenden Zeichen der Plazentadysfunktion gesehen wurden.

Niedrige Spannungen ($0 - 15\mu\text{V}$) lassen, umgekehrt, keinen Rückschluß auf das Vorliegen von ausschließlich oder größtenteils ohne Plazentadysfunktion Geborene zu. In dieser Gruppe gleicht sich die Zahl der Kinder ohne und der Kinder mit stark ausgeprägten Zeichen der Plazentadysfunktion. Vergleicht man jedoch mit den übrigen Spannungsgruppen, insbesondere mit der Gruppe 4 (Messungen von mehr als $45\mu\text{V}$), so findet sich eine weitaus geringere Häufigkeit an Kindern mit ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen, nämlich fast 36% weniger Fälle als in der zuletzt angesprochenen Gruppe.

Bei über $15\mu\text{V}$ hinausgehenden R-Zackenamplituden (Gruppe 2 und 3) sinkt das Auftreten von Kindern ohne und mit beginnenden Plazentadysfunktionszeichen mit steigender Spannung, wogegen das Auftreten von Kindern mit starken Plazentadysfunktionszeichen kontinuierlich ansteigt (s. Abb. S. 22).

7.2 Perzentilendarstellung der R-Zackenamplitude in Abhängigkeit von der Tragzeit

Um die gemessene R-Zackenamplitudenhöhe im Verhältnis zur Schwangerschaftsdauer hinsichtlich ihrer möglichen Abweichung von der Norm besser einordnen zu können, wird in Abb. S. 24 eine Perzentilenschar dargestellt.

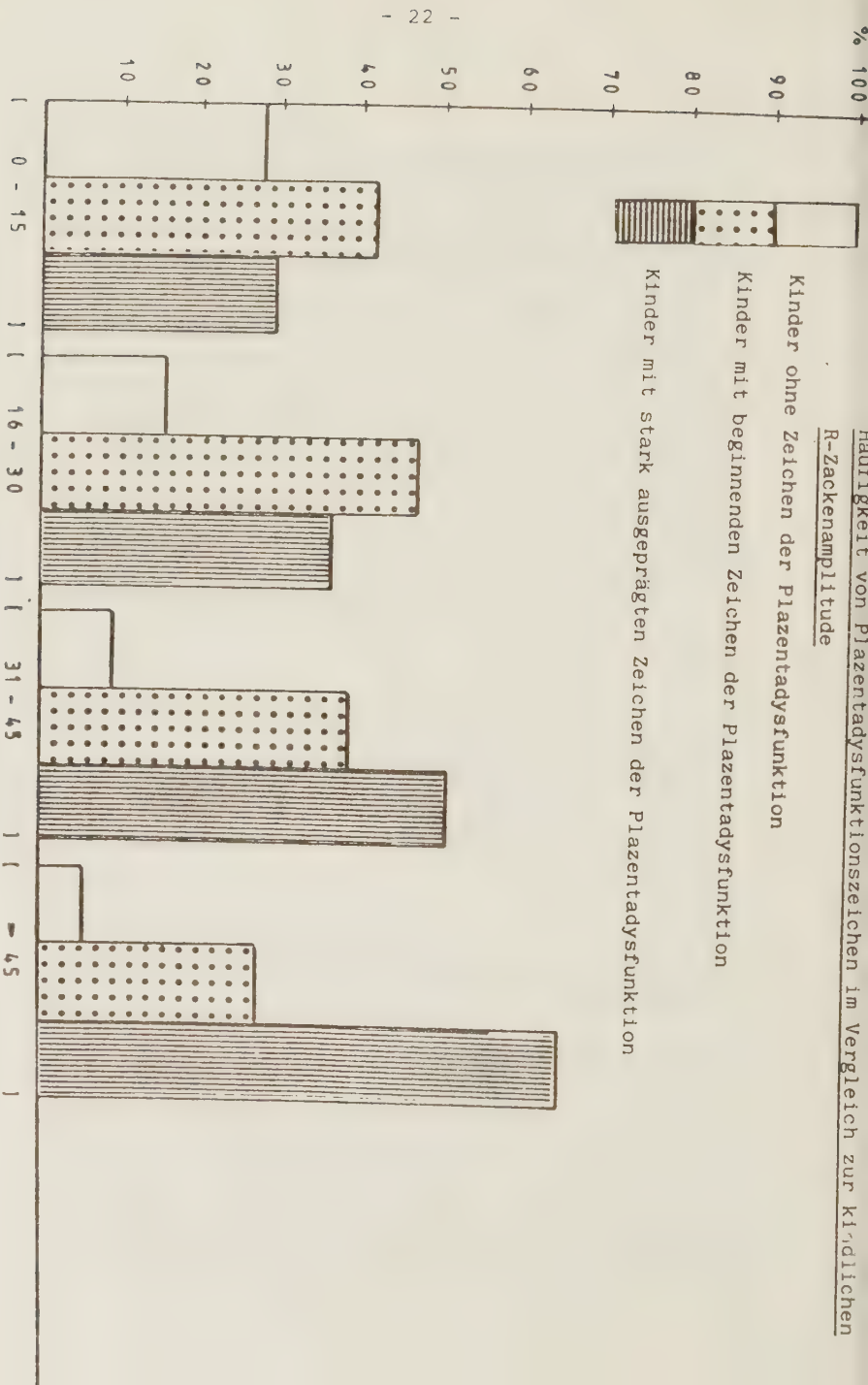
Definitionsgemäß ist beispielsweise das 10. Perzentil die Größe, die innerhalb der untersuchten Population nur in 10% der Fälle unterschritten oder erreicht wird.

Häufigkeit von Plazentadysfunktionszeichen im Vergleich zur kindlichen R-Zackenamplitude

Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion

Kinder mit beginnenden Zeichen der Plazentadysfunktion

Kinder mit stark ausgeprägten Zeichen der Plazentadysfunktion



Mißt man nun zum Beispiel eine R-Zackenamplitudenhöhe von 5 μ V bei einer Schwangeren, deren Schwangerschaft mehr als zehn Tage über den bestimmten Geburtstermin hinaus besteht, so liegt dieser Wert unter dem 10. Perzentil.

7.3 Reife des Neugeborenen in Korrelation zur Tragzeit

1. Gruppe: Geburt bis zehn Tage vor dem vom Geburtshelfer bestimmten Geburtstermin.

Diese Gruppe machte 15,7% der Neugeborenen aus. Der Prozentsatz der Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion betrug hier 31,7%, 45,5% wurden mit beginnenden Zeichen der Plazentadysfunktion geboren, 22,8% mit starken.

2. Gruppe: Geburt um den bestimmten Termin plus/minus 10 Tage.

59,3% aller untersuchten Geburten fielen in diese Gruppe. Die Prozentzahl der ohne Plazentadysfunktionszeichen Geborenen sank auf 20,4%, es wurden 44,2% Kinder mit beginnenden und 35,4% Kinder mit starken Zeichen der Plazentadysfunktion geboren.

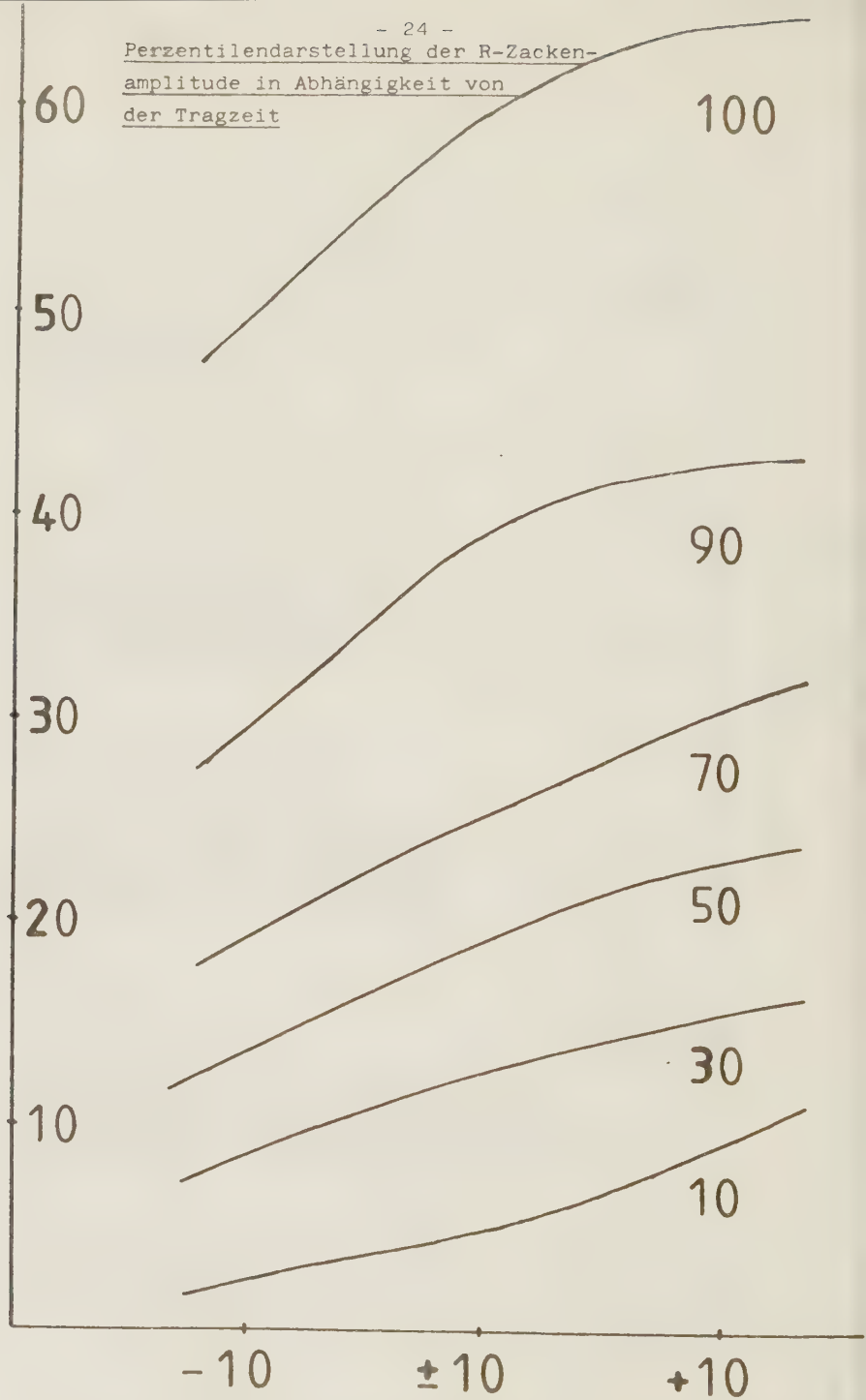
3. Gruppe: Geburt mehr als 10 Tage über den Geburtstermin hinausgehend.

Diese Gruppe enthielt 25,0% der untersuchten Geburten. Es wurden hier noch 12,6% Kinder ohne Plazentadysfunktionszeichen, 38,4% mit beginnenden und 49,0% mit starken Plazentadysfunktionszeichen gesehen.

Bei Tragzeiten, die den Geburtstermin um 10 Tage oder mehr überschreiten, muß also mit einem Auftreten von 49% an Kindern mit stark ausgeprägten Zeichen der placentaren Dysfunktion gerechnet werden.

Perzentilendarstellung der R-Zacken-
amplitude in Abhängigkeit von
der Tragzeit

μV



zehn und mehr Tage vor
dem Termin

zehn Tage vor bis
zehn Tage nach
dem Termin

zehn und mehr Tag
nach dem Termin

Kinder ohne Plazentadysfunktionzeichen kommen in dieser Gruppe - 3 - mit 12,6% sehr viel seltener vor, Kinder mit beginnender Plazentadysfunktion treten in allen Gruppen annähernd gleich häufig auf.

7.4 Das abdominal abgeleitete fetale EKG bei Mangelentwicklungen

Im 1005 Geburten umfassenden Kollektiv dieser Arbeit wurden 119 Mangelentwicklungen beobachtet, davon 49 unter dem 3. Perzentil, die restlichen Fälle unter dem 10. Perzentil.

Wiederum wurde der kindliche Zustand (Ausprägung der Plazentadysfunktion) den vier Spannungsgruppen zugeordnet:

1. Gruppe (0 - 15 μ V)

51,8% der Fälle wurden dieser Gruppe zugeordnet. Kinder ohne Plazentadysfunktionszeichen wurden in 44,8%, mit beginnenden Plazentadysfunktionszeichen in 41,4%, mit starken Plazentadysfunktionszeichen in 13,8% gesehen.

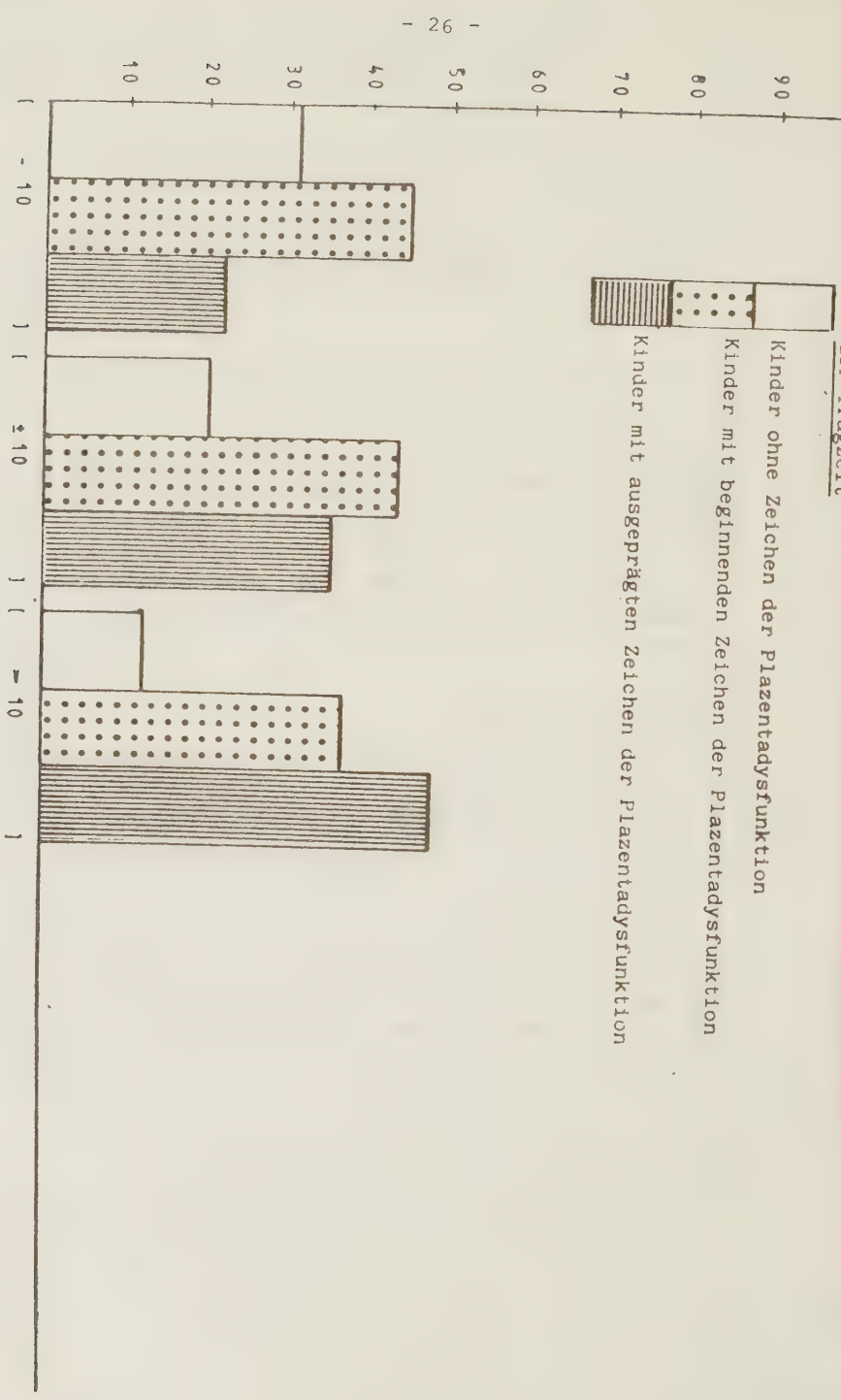
2. Gruppe (16 - 30 μ V)

Dieser Gruppe ließen sich 34,1% der Fälle zuordnen. Es traten 17,4% Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion, 46,4% mit beginnenden und 36,2% mit starken Plazentadysfunktionszeichen auf.

3. Gruppe (31 - 45 μ V)

10,7% der Fälle fielen in diese Gruppe. Kinder ohne Plazentadysfunktionszeichen kamen nur noch zu 10,5%, in 36,7% kamen beginnende, in 52,8% starke Plazentadysfunktionszeichen vor.

Plazentadysfunktionszeichen in Abhängigkeit von der Tragzeit



Tragzeit in Tagen um den Termin

4. Gruppe (mehr als 45 μ V)

3,4% der Fälle ließen sich dieser Gruppe zuordnen. Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion wurden hier gar nicht, beginnende Zeichen der Plazentadysfunktion in 49,0%, stark ausgeprägte Zeichen der Plazentadysfunktion in 51,0% gesehen.

Die mit 49 Fällen geringe Zahl an Mangelentwicklungen unter dem 3. Perzentil bleibt als Gruppe für sich wegen zu hoher Irrtumswahrscheinlichkeit unberücksichtigt.

Vergleich der Spannungsgruppen (eutrophe Kinder / Mangelentwicklungen)

1. Gruppe (0 - 15 μ V)

Es wurden in dieser Gruppe 16,8% mehr Kinder ohne Plazentadysfunktionszeichen im Kollektiv der Mangelentwicklungen unter dem 10. Gewichtssperzentil gesehen. Es kamen vergleichsweise 1,2% weniger Kinder mit beginnenden und 15,6% weniger Kinder mit stark ausgeprägten Zeichen der Plazentadysfunktion in diesem Kollektiv vor.

2. Gruppe (16 - 30 μ V)

Bei den Mangelentwicklungen kamen in dieser Gruppe 1,9% mehr Kinder ohne, 1,2% weniger Kinder mit beginnenden und 0,6% weniger Kinder mit stark ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen zur Welt.

3. Gruppe (31 - 45 μ V)

Kinder ohne Plazentadysfunktionszeichen kamen hier zu 0,7% häufiger, Kinder mit beginnenden Plazentadysfunktionszeichen zu 2,2% seltener und Kinder mit stark ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen zu 1,5% häufiger vor als im Normalkollektiv.

%

90

50

28

1

0 - 15

16 - 30

31 - 45

> 45

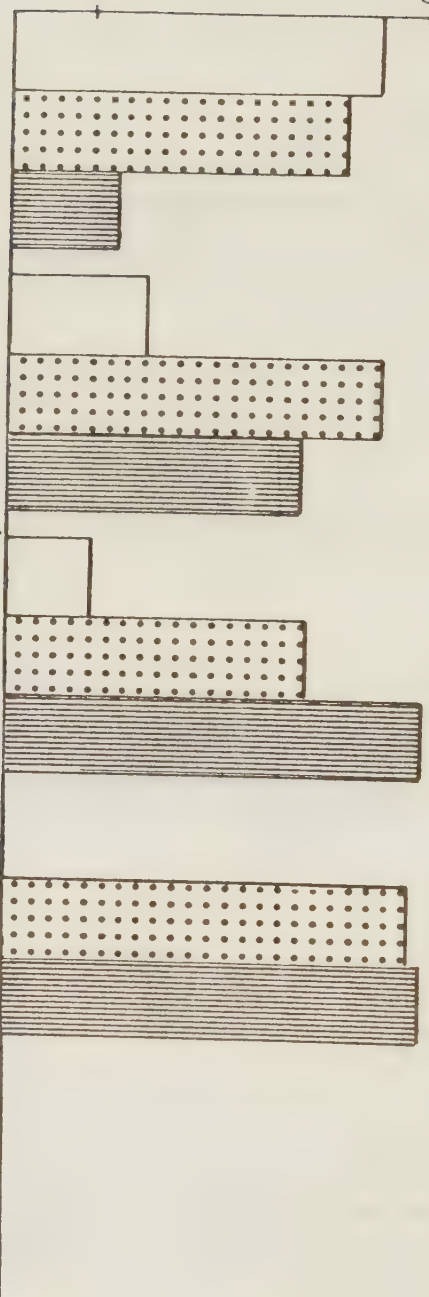


Häufigkeit von Plazentadysfunktionszeichen im Vergleich zur kindlichen R-Zackenamplitude bei Mangelentwicklungen

Kinder ohne Zeichen der Plazentadysfunktion

Kinder mit beginnenden Zeichen der Plazentadysfunktion

Kinder mit stark ausgeprägten Zeichen der Plazentadysfunktion



Kindliche R-Zackenamplitude in µV

4. Gruppe (mehr als $45\mu\text{V}$)

Kinder ohne Plazentadysfunktionszeichen wurden gar nicht, mit beginnenden Plazentadysfunktionszeichen zu 21,0% häufiger und mit stark ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen zu 14,3% weniger gesehen als im Normalkollektiv.

7.5 Vergleich des Normalkollektivs (keine Mangelentwicklungen) mit dem Kollektiv der Mangelentwicklungen unter dem 10. Perzentil

7.5.1 Im Vergleich zum Normalkollektiv nimmt der Prozentsatz an Kindern ohne Zeichen der Plazentadysfunktion um 11,5% zu. Der Anteil an Kindern mit gerade beginnenden Plazentadysfunktionszeichen unterscheidet sich nicht, Kinder mit stark ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen nehmen zu 11,2% ab.

7.5.2 Der R-Zackenmittelwert beim eutrophen und beim mangelentwickelten Kind - Vergleich

a. Bei Geburt am Termin:

eutrophes Kind: $21,3\mu\text{V}$

hypotrophes Kind: $21,4\mu\text{V}$

Der Unterschied ist nicht signifikant ($p = 0,93$).

b. Bei Geburt von mehr als zehn Tagen über dem Termin:

eutrophes Kind: $24,3\mu\text{V}$

hypotrophes Kind: $31,0\mu\text{V}$

Der Unterschied ist nicht signifikant ($p = 0,88$).

c. Bei Geburt von mehr als zehn Tagen vor dem Termin:

eutrophes Kind: $15,4\mu\text{V}$

hypotrophes Kind: $11,4\mu\text{V}$

Der Unterschied ist nicht signifikant ($p = 0,057$).

7.6 Der R-Zackenmittelwert bei unterschiedlicher Ausprägung der Zeichen der Plazentadysfunktion - Vergleich zwischen eutrophen Kindern und Mangelentwicklungen

7.6.1 Eutrophes Kind ohne
Zeichen der Plazenta-
dysfunktion:

16,2 μ V

Hypotrophes Kind
ohne Zeichen der Pla-
zentadysfunktion:

13,1 μ V

Der Unterschied ist nicht signifikant ($p = 0,21$).

7.6.2 Eutrophes Kind mit
beginnenden Zeichen der
Plazentadysfunktion:

20,3 μ V

Hypotrophes Kind mit
beginnenden Zeichen der
Plazentadysfunktion:

19,3 μ V

Der Unterschied ist nicht signifikant ($p = 0,48$).

7.6.3 Eutrophes Kind mit
stark ausgeprägten Zeichen
der Plazentadysfunktion:

24,9 μ V

Hypotrophes Kind mit
stark ausgeprägten Zeichen
der Plazentadysfunktion:

26,4 μ V

Der Unterschied ist nicht signifikant ($p = 0,84$).

7.7 Mögliche Einflußfaktoren, die sich auf die kindlichen R-Zackenamplituden auswirken könnten

7.7.1 Mütterliche Ödeme

Die mütterliche Ödembildung, aufgeteilt in "keine Ödeme", "mäßige" und "starke Ödembildung" wurde den vier Spannungsgruppen zugeordnet. Die vier Gruppen wiesen jeweils die gleiche Häufigkeitsverteilung auf, es gibt demnach keinen Hinweis für eine Beeinflussung der fetalen R-Zackenregistrierung durch übermäßig viel oder wenig mütterliche Wassereinlagerung.

7.7.2 Mütterliche Gewichtszunahme

Die unterschiedlichen Gewichtszunahmen der Patientinnen während der Schwangerschaft wurden in Gruppen zusammengestellt und den vier Spannungsgruppen zugeordnet. Es zeigt sich kein Hinweis für eine Beeinflussung des fetalen EKG durch unterdurchschnittlich wenig oder übermäßig viel Zunahme an Gewicht.

7.7.3 Relatives mütterliches Gewicht

Als relatives mütterliches Gewicht wurde das Ausgangsgewicht der Mutter definiert (ohne schwangerschaftsbedingte Zunahme). Auch hier wurde versucht, mittels Korrelation der unterschiedlichen Gewichte zu den vier verschiedenen Spannungsgruppen einen Hinweis für Beeinflussung des fetalen EKGs durch mütterliches Über- oder Untergewicht (dicke/dünne Bauchdecken) zu erhalten.

Da alle Gewichtsguppen eine annähernd homogene Verteilung auf die R-Zackenamplitudengruppen ergaben, kann auch hier davon ausgegangen werden, daß das fetale EKG durch das mütterliche Gewicht nicht beeinflußt wird.

7.7.4 Plazentalokalisation

Von Interesse war eine eventuell bestehende verschlechterte Ableitungsqualität bei Vorderwandplazenta. Die Statistik zeigt jedoch, daß der Sitz der Plazenta die Ableitungsqualität nicht beeinflußt.

7.7.5 Fruchtwassermenge

Die Patientinnen, bei denen sonographisch wenig oder normal viel Fruchtwasser gesehen wurde, ließen bezüglich der bei ihnen abgeleiteten fetalen R-Zackenpotentiale keine Häufung zugunsten einer der Spannungsgruppen erkennen. 43 Ableitungen bei Patientinnen mit übermäßig viel Fruchtwasser fielen mit 3,1% in die Gruppe 1 (0 - 15 μ V), 2% in die Gruppe 2 (16 - 30 μ V), den Gruppen 3 und 4 konnten keine Fälle dieser Kategorie zugeordnet werden. Es kann daraus entnommen werden, daß bei einem Hydramnion mit Niedervoltage im fetalen EKG zu rechnen ist.

7.7.6 Fruchtwasserqualität

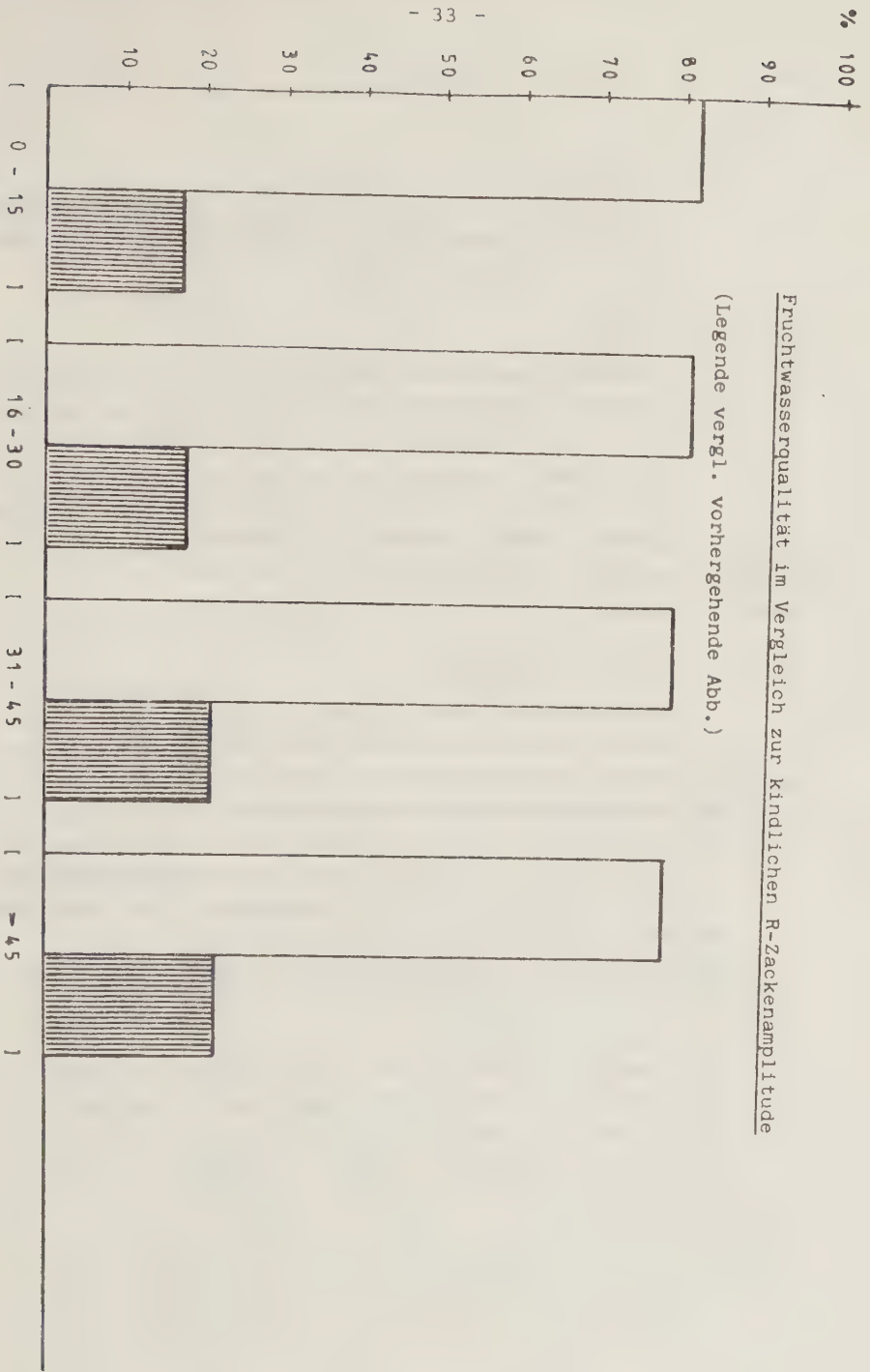
In Gruppe 1 (0 - 15 μ V) wurde grünes Fruchtwasser in 18% der Fälle gesehen. Eine geringe Häufung grünen Fruchtwassers ließ sich mit Anstieg der R-Zackenamplituden erkennen: In Gruppe 4 (mehr als 45 μ V) traten 4,6% mehr Fälle, also insgesamt 22,6% Geburten mit grünem Fruchtwasser auf. Eine vergleichsweise geringe Abnahme an Fällen mit klarem Fruchtwasser wurde entsprechenderweise beobachtet. Wegen zu hoher Irrtumswahrscheinlichkeit lassen sich diese Ergebnisse jedoch nicht als gesichert verwerten.

7.7.7 Kindslage

Schädellagen verteilten sich gleichmäßig auf alle Spannungsgruppen, ebenso Beckenendlagen.

Fruchtwassergüte im Vergleich zur kindlichen R-Zackenamplitude

(Legende vergl. vorhergehende Abb.)



Kindliche R-Zackenamplitude in μV

7.7.8 Kindsgewicht

Die unterschiedlichen kindlichen Gewichte zum Zeitpunkt der Geburt verteilten sich gleichförmig über die vier Spannungsgruppen.

7.7.9 APGAR

Eine statistisch signifikante Korrelation der kindlichen R-Zackenamplituden zum APGAR-Index des Neugeborenen ließ sich in dieser Untersuchung nicht erkennen. (Kreuzer fand bei grünem Fruchtwasser und/oder Zeichen der Plazentadysfunktion einen höheren Anteil an Neugeborenen mit erniedrigter APGAR-Zahl unter 7 (32)).

7.8 Ableitungshäufigkeit

Von Bolte (8) wird über eine Streuung um die für die "einzelnen Schwangerschaftsstadien ermittelten arithmetischen Mittelwerte der (kindlichen) Amplituden" berichtet. Ein einmaliges Ableitungsergebnis ließe daher keine sichere Aussage bezüglich des kindlichen Zustandes (Plazentadysfunktion) zu. (Zu diskutieren wären Auslöschphänomene, mütterliche oder kindliche Störpotentiale oder technisch bedingte ungünstige Ableitbedingungen).

Empfohlen werden drei bis vier fetale EKG-Ableitungen zum Ende der Schwangerschaft.

In dieser Untersuchung wurden Patientinnen, bei denen weniger als drei fetale EKGs abgeleitet wurden mit Patientinnen, bei denen drei oder mehr Registrierungen durchgeführt wurden, miteinander verglichen.

7.8.1 Ein bis zwei Ableitungen
(insgesamt 737 Fälle)

1. Gruppe (0 - 15 μ V)

47,7% ließen sich dieser Gruppe zuordnen.
Es wurden 30,7% Kinder ohne, 42,7% mit geringen und
26,6% mit stark ausgeprägten Zeichen der Plazenta-
dysfunktion gesehen.

2. Gruppe (16 - 30 μ V)

32,2% der Fälle ließen sich der 2. Gruppe zuordnen.
Es traten 15,4% Kinder ohne, 50,3% Kinder mit geringen
und 34,3% Kinder mit stark ausgeprägten Plazenta-
dysfunktionszeichen auf.

3. Gruppe (31 - 45 μ V)

14,2% aller Fälle gehörten in die 3. Gruppe.
9,1% der Kinder wurden ohne, 41,6% mit beginnenden
und 49,3% mit starken Plazentadysfunktionszeichen
zur Welt gebracht.

4. Gruppe (mehr als 45 μ V)

5,9% der Fälle machten diese Gruppe aus.
6,9% der Kinder waren ohne, 27,6% mit geringen und
65,5% mit ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen
zur Welt gekommen.

7.8.2 Mehr als zwei Ableitungen

1. Gruppe (0 - 15 μ V)

Bei insgesamt 47,1% waren in dieser Gruppe 20,3%
Kinder ohne, 42,4% Kinder mit geringen und 37,3%
Kinder mit ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen
gesehen worden.

2. Gruppe (16 - 30 μ V)

Diese Gruppe setzte sich aus 36,6% aller Fälle zusammen. 16,6% der Kinder hatten keine, 41,1% beginnende und 42,9% ausgeprägte Plazentadysfunktionszeichen.

3. Gruppe (31 - 45 μ V)

Zu dieser Gruppe gehörten noch 12,6% der Fälle, es wurden 12,2% Kinder ohne, 30,4% Kinder mit beginnenden und 57,4% Kinder mit starken Plazentadysfunktionszeichen gesehen.

4. Gruppe (mehr als 45 μ V)

Noch 3,6% aller Frauen konnten dieser Gruppe zugeordnet werden. 6,0% an Kindern ohne, 29,9% mit beginnenden und 64,2% mit starken Plazentadysfunktionszeichen kamen zur Welt.

Vergleich

Bei mehr als zwei Ableitungen kamen in der

1. Gruppe 10,4% weniger Kinder ohne, 0,3% weniger Kinder mit beginnenden und 10,7% mehr Kinder mit stark ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen vor,

in der 2. Gruppe 0,6% mehr Kinder ohne, 9,2% weniger Kinder mit beginnenden und 8,6% mehr Kinder mit starken Plazentadysfunktionszeichen vor, in der

3. Gruppe 3,1% mehr Kinder ohne, 11,2% Kinder weniger mit beginnenden und 8,1% Kinder mehr mit starken Zeichen der Plazentadysfunktion vor, in der

4. Gruppe 0,9% Kinder weniger ohne, 2,2% mehr Kinder mit beginnenden und 1,3% Kinder weniger mit

starken Plazentadysfunktionszeichen vor.

Daß mehr Ableitungen zu einer engeren Korrelation bezüglich der R-Zackenamplitude und dem kindlichen Zustand führen, läßt sich nicht erkennen.

8. Diskussion

Die Zunahme der kindlichen Mortalität bei zunehmender Übertragung stellt die rechtzeitige Erkennung der Plazentadysfunktion in den Mittelpunkt der Schwangerenbetreuung.

Legt man eine Tragzeit von 280 Tagen als Norm- bzw. Mittelwert für die Schwangerschaft beim Menschen zugrunde (25), so steigt die Sterblichkeit bei einer Tragzeit von 294 Tagen p.m. auf 5,62% (2,06% bei normaler Tragzeit). Bei 297 Tagen und mehr steigt sie sogar auf 7%. (Literatur der Jahre um 1967). (25).

Hosemann (19) ermittelte eine durchschnittliche Schwangerschaftsdauer von 281,5 Tagen p.m., Döring (14) eine mittlere Tragzeit von 282,8 Tagen p.m.

Etwa 10% aller reifen Kinder gelten als übertragen (25).

Über die Ursachen einer verlängerten Schwangerschaftsdauer liegen wenig Forschungsergebnisse vor, diskutiert werden: Fehlentwicklungen innerer Organe und Spina bifida Mißbildungen (21), fetale Entwicklungsverzögerung (19), zunehmende Parität, Anomalien der peripheren oder zentralen Gefäßversorgung des Uterus (12), Häufung von Übertragungen bei Müttern, die einmal überlang eine Frucht trugen.

Zur Erkennung der Plazentadysfunktion bei Übertragung stehen heute folgende diagnostische Methoden zur Verfügung:

1. Die fetale Biometrie mittels Ultraschall (16)
2. Die Fruchtwasserzytologie (16)
3. Die Fruchtwasserbiochemie (Harnstoff/Kreatininhalt) (16)
4. Die endokrine Diagnostik (Bestimmung von Östriol und HPL) (16)
5. Die Kardiotokographie (Oxytozinbelastung) (16)
6. Die Amnioskopie (16)
7. Die vornehmlich von Bolte, Wimmer und Larks (5, 7, 8, 9, 10, 11, 26, 27, 28, 32, 33) erarbeitete Methode der abdominal abgeleiteten fetalen Elektrokardiographie.

Die Frage nach der Aussagekraft der zuletzt genannten Methode hatte zu Untersuchungen geführt, die klären sollten, welche Faktoren für die gemessene Amplitude der kindlichen R-Zacke von Bedeutung sein könnten.

1. Die Plazentalokalisation ist mit der Frage nach Einfluß auf die Registrierbarkeit des fetalen EKGs ermittelt worden. Die Einschätzung ist unterschiedlich: Berger und Mitarbeiter (1) konnten zeigen, daß Ausfälle bei Vorderwandplazenten nicht signifikant größer sind als bei Hinterwandplazenten. Kahn (20) postulierte eine vornehmliche Ableitung der fetalen Herzströme durch die Nabelschnur und Plazenta sowie durch den Nasopharynx und zeigte, daß bei Lokalisationen der Plazenta über dem kindlichen Schädel weniger Ableitungen zu erhalten waren. Roche und Hon (30) gaben ebenfalls an, Nabelschnur und Plazenta seien bevorzugte Medien für die Leitung der kindlichen Herzaktionspotentiale zur mütterlichen Bauchdecke.

In der vorliegenden Arbeit war ein Zusammenhang zwischen Plazentasitz und Ableitungsqualität nicht zu erkennen.

2. Das Gewicht der schwangeren Frau habe, nach Berger (1) und Oldenburg (29) ebenfalls keinen Einfluß auf das fetale EKG. Hingegen postulierte Bolte in (4), daß Uterusmuskulatur und die mütterliche Bauchdecke einen Einfluß auf die indirekte Ableitung des fetalen EKGs hätten. Hopp (18) bewertete die mütterliche Fettleibigkeit als ungünstige Ableitbedingung mit unverhältnismäßig kleinen R-Zacken.

Ein Zusammenhang zwischen mütterlichem Gewicht und der fetalen Amplitude konnte in dieser Untersuchung nicht gefunden werden.

3. Das Kindsgewicht hat nach Berger (1) keinen Einfluß auf das fetale EKG. Dies entspricht auch den Ergebnissen dieser Arbeit. Bolte (7) kam diesbezüglich zu einem anderen Ergebnis: Reif-eutrophe Neugeborene mit einem Geburtsgewicht von 2500 - 2990g hatten ante partum abgeleitete EKGs, bei denen die Amplituden der kindlichen R-Zacke kleiner waren als bei Kindern mit höheren Geburtsgewichten.

4. Der Einfluß starker mütterlicher Ödembildung wurde bisher nicht untersucht. Es konnte hiermit gezeigt werden, daß es keine Beeinflussung der fetalen R-Zackenregistrierung durch übermäßig viel oder wenig mütterliche Wassereinlagerung gab.

5. Die Kindslage (untersucht wurden Schädel- und Beckenendlagen) hat ebenfalls nach dieser Untersuchung keinen maßgeblichen Einfluß auf das fetale EKG.

6. Nach Berger (1) hat die Fruchtwassermenge keinen Einfluß auf das fetale EKG. Bolte (7) wies jedoch nach, daß bei reif-eutrophen Neugeborenen mit geringer Fruchtwassermenge nach normaler Tragzeit ein steilerer R-Zackenanstieg zu verzeichnen ist, und zwar um durchschnittlich 5µV.

Die hier vorliegende Untersuchung zeigt, daß die geringe Fruchtwassermenge keinen Einfluß auf das fetale EKG hat. Bei einer Polyhydramnie ist mit Niedervoltage zu rechnen. (Vernixanteile im Fruchtwasser).

7. Für die passagere Niederspannung der kindlichen R-Zackenamplituden zwischen der 29. und 36. Schwangerschaftswoche ist nach einheitlichen Darstellungen der Isoliereffekt der kindlichen Vernix caseosa verantwortlich zu machen. (Abb. S. 8). Im Gegensatz zu anderen physiologischen Substraten, die zwischen dem Herzen des Feten und den abdominalen Elektroden vorkommen, hat die Vernix die sehr geringe Leitfähigkeit von $1,2 \times 10^{-8} \text{ Ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$. Analysen der Vernix caseosa, in (7) zusammengestellt, zeigen, daß die kindliche Käseschmiere eine Fett - Eiweiß - Wasser - Emulsion ist. Es finden sich in der Vernix 9,8% Fett, 8,9% Eiweiß, 0,4% Aschen und 81% Wasser.

Gründe für den Beginn der Talgdrüsensekretion der kindlichen Haut in der 29. Schwangerschaftswoche sind unbekannt (7). Im letzten Monat vor der Geburt sistiert die Vernixproduktion, die Käseschmiere bildet sich nach und nach zurück.

Aus pathophysiologischer Sicht begründet sich die Reduktion oder das Fehlen der Vernix am Ende der Schwangerschaft bzw. bei der Übertragung mit Plazentadysfunktion so:

Durch verminderte Durchblutung und damit nicht ausreichende materne und fetale Plazentaminutenvolumina ist die Austauschkapazität für passive Stoffbewegungen verringert. Außerdem ist die energieverbrauchende zelluläre Aktivität durch ein ungenügendes Substrat- und Sauerstoffangebot reduziert. (Hämodynamische Insuffizienz). Es liegt eine verminderte Austauschkapazität der Plazenta durch veränderte Eigenschaften der synzytiokapillären

Stoffwechselmembran vor. Die Gesamtoberfläche der Zotten ist vermindert, der Diffusionsweg durch Zottenödeme und Verbreiterung der Basalmembran verlängert, die Diffusionsgeschwindigkeit durch Devitalisierung der synzytiokapillären Stoffwechselmembran herabgesetzt. (Membraninsuffizienz).

Das absolute Zellvolumen ist zugunsten devitalisierter Strukturen vermindert. Durch vermindert freigesetztes Adenosintriphosphat als Energiequelle - vermutlich unterstützen Gestagene die Freisetzung plazentaren Adenosintriphosphats - sind der Aminosäuretransfer, die Nukleinsäure- und Fettsynthese, sowie der Natriumaustausch meßbar gehemmt. (Aus 35).

Für das Neugeborene resultiert hieraus das Plazentadysfunktionssyndrom:

Es weist eine Verminderung des Hautturgors sowie eine Reduktion des Unterhautfettgewebes auf (6, 24). Es kommt zur Reduktion der Vernix caseosa, die später ganz fehlt. Es schließt sich die Ausbildung von faltigen Handinnenflächen (Waschfrauenhänden) an und schließlich kommt es zur Desquamation der Hautoberfläche (Hautschilfern). (Stadium I nach Clifford in 35).

Im folgenden Stadium schließen sich eine grünliche Verfärbung der Haut, der Eihäute und der Nabelschnur an. (Stadium II nach Clifford). In ursächlichem Zusammenhang steht eine vorausgegangene Mekoniumverfärbung des Fruchtwassers, in der geburtshilflichen Diagnostik ein bekanntes Zeichen einer eingeschränkten Plazentafunktion (3). Nachfolgend kommt es zu einer ausgeprägten Dehydratation bei deutlicher, grüngelber Hautverfärbung (Stadium III nach Clifford).

Die Reduktion und schließlich das Verschwinden der kindlichen Vernix korreliert mit einem Anstieg der R-Zacken-

potentiale des Kindes.

In dieser Untersuchung wurden folgende Werte ermittelt:

1. Bei Geburten, die mehr als zehn Tage vor dem Termin erfolgten, wiesen eutrophe Kinder einen R-Zackenmittelwert von $15,4\mu\text{V}$ auf.
2. Eutrophe Kinder, die am Termin zur Welt kamen, wiesen einen R-Zackenmittelwert von $21,3\mu\text{V}$ auf.
3. Eutrophe Kinder, die zehn und mehr Tage nach dem Termin zur Welt kamen, wiesen einen Mittelwert von $24,3\mu\text{V}$ auf.

Diese Mittelwerte beziehen sich zunächst auf das Normalkollektiv, es wurden Kinder mit und ohne Plazentadysfunktionszeichen berücksichtigt. Diese Verteilung entspricht den von Bolte ermittelten Werten (Mittelwert der kindlichen R-Zackenamplitude am Termin = $21,63\mu\text{V}$, siehe Einleitung) (10).

Staffeldt und Mitarbeiter zeigen in (32), daß der mittlere Amplitudenanstieg in der Zeit der 35. - 45. Graviditätswoche $30\mu\text{V}$ beträgt.

Klinisch interessiert die Einordnung einer gemessenen kindlichen R-Zackenamplitude im Verhältnis zur Schwangerschaftsdauer. Eine Abweichung von der Norm kann durch die in dieser Arbeit dargestellten Perzentilenschar erfolgen. (Vgl. S.24).

Bekannt sind Perzentilentabellen der Körpergröße, des Körpergewichtes und des Kopfumfanges des Kindes. Mit der in dieser Arbeit dargestellten Form läßt sich beurteilen, ob ein R-Zackenamplitudenwert innerhalb der untersuchten Population in nur 10 Prozent der Fälle unterschritten oder erreicht wird, ob er beispielsweise dem Median entspricht (R-Zackenamplitude, die in 50 Prozent der Fälle unterschritten oder erreicht wird), usw.

Hinsichtlich der klinischen Korrelation (Zustand des Neugeborenen/R-Zackenamplitude) ergaben sich folgende Ergebnisse: Bei registrierten Spannungen von mehr als $45\mu\text{V}$ muß mit einem Prozentsatz von mehr als 65% an Kindern mit stark ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen gerechnet werden. Niedrige Spannungen zwischen 0 und $15\mu\text{V}$ ließen keinen Rückschluß auf das Vorliegen von ausschließlich oder größtenteils ohne Plazentadysfunktionszeichen Geborene zu. Hier glichen sich die Zahlen der Kinder ohne und der Kinder mit stark ausgeprägten Zeichen der Plazentadysfunktion. Verglichen mit Fällen, bei denen 16 - $30\mu\text{V}$ gemessen wurden, wurden jedoch nur 29,4% Kinder mit stark ausgeprägten Zeichen der Plazentadysfunktion gesehen, bei 16 - $30\mu\text{V}$ jedoch bereits 36,8%.

Wurden 31 - $45\mu\text{V}$ gemessen, hatten 51,3% der Neugeborenen starke Plazentadysfunktionszeichen. Diese Unterschiede sind signifikant. (Vierfeldertest).

Im Vergleich kamen Staffeldt und Mitarbeiter (32) hinsichtlich der fetalen R-Zackenamplitude in Korrelation zum kindlichen Zustand zu folgenden Ergebnissen:

"Unter $20\mu\text{V}$ fanden sich keine Kinder mit Übertragungszeichen. Bei fetalen R-Zacken von 21 bis $40\mu\text{V}$ zeigten 24% Plazentadysfunktionszeichen, bei Potentialen von 41 bis $60\mu\text{V}$ stieg der Anteil der übertragenen Neugeborenen auf 35% an. Der höchste Anteil an Kindern mit Übertragungszeichen, 48%, war bei Amplituden über $60\mu\text{V}$ zu verzeichnen" (32).

In (22) kommt Kreuzer zu folgendem Ergebnis:

Bei Amplituden über $20\mu\text{V}$ wurden keine "unreifen" Kinder geboren. Bei Amplituden von über $40\mu\text{V}$ wurden gehäuft Übertragungszeichen nachgewiesen, bei 41 - $60\mu\text{V}$ in 7 von 17 Fällen, bei mehr als $60\mu\text{V}$ in 3 von 6 Fällen. Bolte,

der mehrere Arbeiten zum fetalen EKG verfaßte, kommt zusammenfassend in (3) zu dem Schluß:

Bei kleinen R-Zackenamplituden (kleiner als $20\mu\text{V}$) läßt sich eine Plazentadysfunktion und "darüber hinaus das Tragzeitende ausschließen, mittelgroße Amplituden der fetalen R-Zackenpotentiale ($20 - 40\mu\text{V}$) machen eine Plazentadysfunktion unwahrscheinlich, da die Häufigkeit von Plazentadysfunktionszeichen an den Neugeborenen dieser Gruppe 2 - 5% beträgt, ..., die Häufigkeit von pränatal mangelversorgten Kindern in der Gruppe mit $40 - 60\mu\text{V}$ steigt auf 15% und bei größeren Amplituden als $60\mu\text{V}$ auf 34%".

Eine geringe Häufung grünen Fruchtwassers ließ sich mit Anstieg der R-Zackenamplituden erkennen, eine signifikante Häufung wie von Staffeldt in (32) beschrieben wird, zeigte sich jedoch nicht. Dies mag in der rechtzeitigen Geburtseinleitung des untersuchten Kollektivs begründet sein.

Die bisher dargestellten Ergebnisse bezogen sich auf ein Normalkollektiv. Es bestand nun außerdem die Frage, ob mangelentwickelte Neugeborene im fetalen EKG ein anderes Verhalten der R-Zackenamplitude aufweisen. Bolte beschreibt in (4), daß das Wachstum der fetalen Herzkammern (hier Kaninchenfetus) Einfluß auf die Zunahme der R-Zackenamplituden hat: "Der steile Amplitudenanstieg von 75 auf $225\mu\text{V}$ am Tragzeitende erfolgte während des Wachstums der Herzkammern von 0,9 auf 1,2cm". Folglich wäre eine vergleichsweise kleinere R-Zackenamplitude bei Wachstumsretardierung denkbar. Plazentadysfunktionszeichen wären dann bereits bei entsprechend niedrigeren Amplituden zu erwarten.

Zur Abklärung diese Frage wurden die R-Zackenmittelwerte eutropher und mangelentwickelter Kinder, abgeleitet zum Zeitpunkt der Geburt, gebildet. Verglichen wurden

eutrophe Kinder ohne Plazentadysfunktionszeichen mit hypotrophen Kindern ebenfalls ohne Zeichen der Plazentadysfunktion. Eutrophe Kinder und hypotrophe Kinder mit beginnenden Zeichen der Plazentadysfunktion wurden hinsichtlich ihrer R-Zackenmittelwerte verglichen, ebenso eutrophe und hypotrophe Kinder mit stark ausgeprägten Zeichen der Plazentadysfunktion. Alle drei Gruppen zeigten jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Schließlich wurde in dieser Arbeit die Frage untersucht, ob bei Frauen, bei denen mehrere Ableitungen registriert wurden, eine engere Korrelation zwischen kindlicher Reife und dem fetalen EKG bestanden (größere Chance, genauere Ergebnisse beim Ableiten zu erzielen). Die Ergebnisse boten hierfür jedoch keinen Anhalt.

9. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Bei einer im fetalen EKG registrierten Amplitudenspannung von mehr als $45\mu\text{V}$ muß mit einem Prozentsatz von 65% an Kindern mit stark ausgeprägten Plazentadysfunktionszeichen gerechnet werden. In 6,7% wurden bei mehr als $45\mu\text{V}$ Kinder ohne, in 28% mit beginnenden Zeichen der Plazentadysfunktion gesehen.
2. Die kindliche R-Zackenamplitude in Abhängigkeit von der Tragzeit läßt sich in Form einer Perzentilenkurve darstellen.
3. Der R-Zackenmittelwert beim mangelentwickelten Kind unterscheidet sich nicht von dem des eutrophen Kindes, weder am Termin noch früher oder später.
4. Plazentadysfunktionszeichen bei mangelentwickelten Kindern treten bei einem gleich hohen R-Zackenpotential (mehr als $45\mu\text{V}$) wie bei eutrophen Kindern auf.
5. Mütterliche Ödeme, mütterliche Gewichtszunahme, Adipositas, Plazentalokalisation, geringe Fruchtwassermenge, Kindslage, sowie das Kindsgewicht haben keinen Einfluß auf die kindliche R-Zackenamplitude.
6. Bei Hydramnie ist mit Niedervoltage im fetalen EKG zu rechnen.
7. Grünes Fruchtwasser ist bei hohen R-Zackenpotentialen nicht signifikant häufiger.
8. Mehr als zwei Registrierungen des fetalen EKGs bei einer Patientin haben keine engere Korrelation zwischen dem kindlichen Zustand und der Höhe der R-Zackenamplitude zur Folge.

Literaturverzeichnis

1. Berger, C.; Baumann, U.; Ramzin, M.; Richter, R.: Wertigkeit des transabdominal registrierten fetalen Elektrokardiogramms für die Kardiotokographie. Z. Geburtshilfe Perinatol. 182 (4) 278-87, 1978
2. Bergmann, P.; Hall, P.: Pre-natal foetal electro-cardiography. Acta Obst. et Gynec. Scandinav. 37: 348, 1958
3. Bolte, A.; Bauerschmitz, H.: Amnioskopie, Zervixbefund und Geburtseinleitung bei Verdacht auf Plazentadysfunktion nach Selektion durch fetale Elektrokardiographie. Geburtshilfe und Frauenheilkunde 29 (1969) , 578
4. Bolte, A.; Kessler, J.: Das Elektrokardiogramm des Kaninchenfetus (Ein Beitrag zur Entwicklung der fetalen Herzaktionspotentiale). Arch. Kreisl. - Forsch. 57 (1968) 229
5. Bolte, A.: Der elektrokardiographische Nachweis des fetalen Lebens. Geburtshilfe und Frauenheilkunde 25 (1965), 328-42
6. Bolte, A.; Hoffmann, E.; Röhrich, J.: Diagnostik und Therapie bei Plazentadysfunktion. Münchener Med. Wschr. 110 (1968), 2166
7. Bolte, A.; Bachmann, K.; Kühn, G.: Die fetalen Herzaktionspotentiale und ihre diagnostische Bedeutung. Archiv f. Gynäkologie 203 (1966), 133-63
8. Bolte, A.: Die Pränatale Elektrokardiographie. Gynäkologie 2 (1969), 63-73

9. Bolte, A.; Kontur; Kühn: The behaviour of fetal heart action potentials in the last month prior to delivery of a mature newborn.
Communication on 5th intern. Conference of Medical Electronics and Biological Engineering. Liège, Belgium 1963.
10. Bolte, A.: Zur Ableitung und Bewertung fetaler Herzaktionspotentiale bei schwangeren Frauen.
Archiv f. Gynäkologie 194 (1961), 594-610
11. Bolte, A.; Kessler, J.; Winkhaus, I.: Zur Reifegradbestimmung in der Schwangerschaft.
Geburtshilfe und Frauenheilkunde 30 (1970), 616-622
12. Bumm, E.: Grundriß zum Studium der Geburtshilfe.
Wiesbaden 1907.
13. Cremer, M.: Über die direkte Ableitung der Aktionsströme des menschlichen Herzens im Ösophagus und über das Elektrokardiogramm des Feten.
Münchener Med. WSchr. 53 (1906), 811-13
14. Döring, G.: Tragzeit-Bestimmung.
Gynaekologia 155 (1963), 200
15. Harms, V.: Biomathematik, Statistik und Dokumentation.
Harms Verlag - Kiel, Okt. 1977 (2. Aufl.)
16. Hickl, E.: Indikation und Methoden der Geburtseinleitung.
In: Angewandte Perinatologie, Urban & Schwarzenberg 1974, 211
17. Hon, E.; Hess, O.: The clinical value of fetal electrocardiography.
American J. Obstet. Gynec. 79 (1960), 1012-23.

18. Hopp, H.; Seidenschnur, G.; Heinrich, J.: Zur Frage der Wertigkeit der indirekten fetalen Elektrokardiographie für die pränatale Diagnostik.
Zentralbl. Gynäkol. 96/21 (1974), 657-663
19. Hosemann, H.: Normale und abnorme Schwangerschaftsdauer.
In: Biologie und Pathologie des Weibes. Berlin.
2. Aufl. Bd. 7, Urban & Schwarzenberg 1952
20. Kahn: Transmission characteristics in fetal electrocardiography.
16th Annual Conference on Engineering in Medicine and Biology.
21. Kremmer, E.: Inaugural Dissertation Göttingen 1949.
22. Kreuzer, G.: Die Bedeutung des transabdominalen fetalen Elektrokardiogramms in der Schwangerenbetreuung.
Wissenschaftl. Information Heft 2, D. Langnickl, H. Bartels. 4. Bremer Perinatologisches Fortbildungsseminar.
23. Kreuzer, G.; Boquoi, E.: Fetale Elektrokardiographie.
Münch. Med. WSchr. 109 (14) 1967, 784-92
24. Lamberti, G.: Dysmaturität. Ihre Bedeutung für die subpartale Belastbarkeit und postpartale Frühentwicklung des Kindes.
In: Perinatale Medizin Bd. 7, Hrsg.: E. Schmidt, J.W. Dudenhausen, E. Saling. Thieme Stuttgart 1978
25. Lamberti, G.: Normale Tragzeit.
In: Käser, O.; Friedberg, V.: Gynäkologie und Geburtshilfe Bd. 2, Stuttgart 1967

26. Larks, S.; Larks, G.: Fetal q, r and s - Amplitudes for deliveries from 31 to 41 weeks.
Cardiologia, Basel, 49 (1966), 248
27. Larks, S.; Webster, A.; Larks, G.: Quantitative Studies in Fetal Electrocardiography.
Americ. J. Obstet. Gynec. 100 (1968), 1135-38
28. Larks, S.: The Abnormal Fetal Electrocardiograms: Intrauterine Fetal Difficulty and Fetal Distress.
Obstet. Gynecol. 22 (1963), 427-32
29. Oldenburg, J.; Macklin, M.: Processing the Abdominal Fetal ECG.
IEEE Trans. Bio - Med. Eng. 24/6, 1977, 501-7
30. Roche, J.; Hon, E.: The fetal electrocardiogram. Comparison of lead systems.
Am. J. Obstet. Gynec. Vol. 92, pp. 1149-59, 1965.
31. SPSS - Manual Version 8.3, 1982.
(Statistical Package for the Social Sciences).
32. Staffeldt, K.; Kreuzer, G.; Strecker, J.: Fetales Elektrokardiogramm bei regelamnestisch übertragener Schwangerschaft.
Geburtshilfe und Gynäkologie 174.
33. Wimmer, P.: Das Abdominal-EKG und seine Leistung für die geburtshilfliche Diagnostik.
Münch. Med. WSchr. 95 (1953) Nr. 5, 167
34. Wimmer, P.: Ergebnisse der Abdominal-Elektrokardiographie.
Geburtshilfe und Frauenheilkunde 14 (1954), 115-25

35. Wulf, K.: Pathologie der Nachgeburtsteile unter der Geburt.

In: Martius, G.: Lehrbuch der Geburtshilfe.

Thieme 1977.

Lebenslauf

10. 12. 1956 Geboren in Berlin als Sohn des Dr. med. Friedrich Kohlrausch, Facharzt für Röntgenologie und Strahlenheilkunde und seiner Frau Margarete Kohlrausch, geb. Bodemer.
- März 1963 Einschulung in die John F. Kennedy Schule, Berlin Zehlendorf.
8. 12. 1975 Abschluß der Schulzeit mit der Reifeprüfung und dem High School Diploma.
- SS 1976 Immatrikulation an der Freien Universität Berlin, Fachbereich Humanmedizin.
- März 1979 Einmonatige Famulatur an der chirurgischen Abteilung des Humboldt Krankenhauses, Berlin Reinickendorf.
- März 1980 Zweimonatige Famulatur am Institut für Pathologie des Rudolf Virchow Krankenhauses.
- Juli 1980 Einmonatige Famulatur in der Praxis Dr. U. Werner / C. Foof, Fachärzte für Innere Medizin.
- 1981/82 Praktisches Jahr, Wahlfach Gynäkologie.
- Juni 1982 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.
- Seit Jan. 1983 Tätig als Assistenzarzt der I. Inneren Abt. (Kardiologie und Intensivmedizin) des Urban-Krankenhauses, Berlin Kreuzberg.

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen